

明 細 書

基板処理装置及び基板処理方法

技術分野

- [0001] 本発明は、プラズマを用いて基板を処理する基板処理装置及び基板処理方法に係り、特にマイクロアークの発生を抑制するための装置及び方法に関する。

背景技術

- [0002] マイクロアークとは、プラズマ中の局在的、瞬間的な異常放電をいう。このマイクロアークはプラズマ処理装置で発生する。プラズマ処理装置として、例えば図5に示すような、平行平板電極による容量結合型のプラズマ処理装置がある。このプラズマ処理装置は、処理室10内に平行平板電極20が設けられ、接地された下電極(アノード)20aに基板Wが載置される。上電極(カソード)20bには整合器30を介して高周波電源40が接続されて、電極20間に高周波電力が印加される。処理室10に反応ガスが供給されると、電極20間にアーク放電が起こり、プラズマPが発生する。このプラズマPにより反応ガスを活性化して基板Wに成膜などの処理を施すように構成される。
- [0003] アーク放電中に、電極20からゴミが落ちたり、電極20の表面から皮膜が剥離したりする。これらの落下ゴミや剥離皮膜がトリガになってマイクロアークが起こる。マイクロアークによるダメージは、電極表面に異常が発生しやすいカソード20b側のみならず、アノード20a上の基板表面、あるいは処理室内壁にも発生する。図5中に、基板表面、カソード表面、及び処理室内壁で発生したマイクロアーク50a、50b、及び50cをそれぞれ示す。基板Wの周囲に、複数枚のセラミックス板を繋ぎ合わせて構成した電極カバー(図示せず)を使用するが、その継ぎ目にも、マイクロアークが発生することがある。なお、基板WはLCD用のガラス基板、半導体ウェハ基板等である。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] 近年、LCD用ガラス基板や半導体シリコン基板が大型化している。単位面積あたりのマイクロアークの発生頻度を一定とすると、基板サイズの拡大に伴って、マイクロアーク発生頻度、確率が大きくなる。また、基板の大型化により放電用電極に印加する

電圧も高電圧化しているが、放電用電極に印加する電圧の増加に伴って、マイクロアークの発生頻度、確率が大きくなる。

- [0005] マイクロアークが発生すると、マイクロアークによって金属製電極表面が部分的に溶けたり、欠損したり、えぐれたりして、その金属飛沫が基板上にかかり、基板が金属汚染される。また、マイクロアークによる皮膜剥離により、基板上に異物や膜の破片が付着して、基板上の膜厚分布が局所的に異常となる。また、トータルの歩留まり低下が生じ、基板処理装置へのダメージも発生するため、メンテナンスサイクルが短くなる。その結果、基板処理装置の稼働率や、生産性が低下する。

基板が小型で、低電圧であった従前では、マイクロアークは、さほど問題とされていなかったが、上述したように、基板の大型化、電極への印加電圧の高電圧化に伴って、被害が大きくなるため、マイクロアーク発生防止の要請が大きくなっている。

そこで、マイクロアークが発生したら、これを速やかに検出して瞬間的にマイクロアークを止める必要がある。通常のアーク放電は、高電圧で大電流が流れるので、その検出は容易である。しかし、マイクロアーク放電は、低電圧で電流も小さく、局所的に発生するため、その検出が困難である。

このことは、容量結合型に限らず、変形マグネトロン型、誘導結合型、ヘリコン波型にも言える。

- [0006] なお、高周波放電に代えて、CWパルス放電にすると、マイクロアークの発生を防止することは可能である。しかし、電極に供給される平均の高周波電力が低下してしまうので、成膜速度の低下や、膜質の劣化を招くという問題があり、採用できない。

また、逆に電極間に加える高周波電力を高くして、マイクロアークの検出を容易にすることも考えられる。しかし、高周波電力を高くすると、逆にマイクロアークの確率が高くなり、発生頻度がアップするという問題があり、これも採用できない。

- [0007] 本発明の課題は、上述した従来技術の問題点を解消して、マイクロアークの発生を抑制することが可能な基板処理装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0008] 第1の発明は、制御可能な高周波電源を有する高周波電源部を備え、前記高周波電源から高周波電力を処理室に設けられた放電用電極に整合器を介して印加し、

前記処理室内にプラズマを生成する基板処理装置において、前記高周波電源部と整合器の間、又は整合器と放電用電極との間に、少なくとも前記放電用電極から反射する高周波電力の反射波を検出する検出器と、前記検出器の検出結果に応じて、前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下するように前記高周波電源を制御する制御手段とを設け、前記制御手段は、前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下し、高周波電力を再度印加すると、所定時間経過前までは、高周波電力の印加を一時停止又は一時低下させずに継続的に高周波電力を印加し、所定時間経過後からは前記検出器の検出結果に応じて前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下するように制御する基板処理装置である。

- [0009] 高周波電力を放電用電極に印加すると、放電用電極間にプラズマ放電が発生する。このプラズマ放電には、正常放電と異常放電（マイクロアークを含む）とがある。正常放電では、整合器によりインピーダンス整合が取れていると、放電用電極からは反射波は発生しない。しかし、異常放電（マイクロアークを含む）では反射波が発生する。このマイクロアーク発生時の反射波を検出器によって検出する。制御手段は、検出器の検出結果に応じて、装置や基板にダメージを与える有害なマイクロアークであると判断したとき、制御信号を出力して高周波電源を制御し、放電用電極に高周波電力を印加するのを一時停止させるか又は一時低下させる。ここで、一時低下とは、マイクロアーク放電が持続する高周波電力値よりも高周波電力を下げるという意味である。この一時停止又は一時低下により、プラズマ放電を維持したまま、マイクロアークのみを消滅させることができる。

このように、検出器の検出結果に応じて、放電用電極に高周波電力を印加するのを一時停止させるか又は一時低下させるという簡単な構造で、有害なマイクロアークの発生を有効に抑制することができる。

- [0010] 第2の発明は、制御可能な高周波電源を有する高周波電源部を備え、前記高周波電源から高周波電力を処理室に設けられた放電用電極に整合器を介して印加し、前記処理室内にプラズマを生成する基板処理装置において、前記高周波電源部に、前記放電用電極から反射する高周波電力の反射波、又は／及び放電用電極に向

かう高周波電力の進行波に対して検出器を結合させる方向性結合器と、前記整合器により前記高周波電源と前記放電用電極とのインピーダンス整合が取れているとき、前記方向性結合器から取り出される反射波の変動を検出する検出器と、前記検出器の検出結果に応じて、前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止又は一時低下するように前記高周波電源を制御する制御手段とを設け、前記検出器は、前記反射波のレベルがレベル設定値以上のときレベル検出信号を出力し、前記反射波を微分したレベルが微分設定値以上のとき微分検出信号を出力することにより、反射波の変動を検出するものであり、前記制御手段は、前記検出器から前記レベル検出信号及び微分検出信号が同時に出力されたとき、前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止又は一時低下するように前記高周波電源を制御するものである基板処理装置である。

- [0011] マイクロアーク発生時の反射波を方向性結合器により取り出し、検出器によって、その反射波の変動を検出する。制御手段は、検出器の検出結果に応じて、装置や基板にダメージを与える有害なマイクロアークであると判断したとき、制御信号を出力して高周波電源を制御し、放電用電極に高周波電力を印加するのを一時停止又は一時低下させる。この一時停止又は一時低下により、プラズマ放電を維持したまま、マイクロアークのみを消滅させることができる。

このように、方向性結合器を設け、方向性結合器から取り出した信号を検出し、その検出結果に応じて、放電用電極に高周波電力を印加するのを一時停止させるか又は一時低下させるという簡単な構造で、有害なマイクロアークの発生を有効に抑制することができる。

- [0012] ところで、マイクロアークが発生しても、マイクロアークが常に装置にとって有害となるわけではない。反射波のレベルが所定値以上で、反射波の立上がりが急峻なマイクロアークが発生した時に、マイクロアークは、装置にとって有害となる。

したがって、検出器によって反射波のレベルがレベル設定値以上で、かつ、反射波を微分したレベルが微分設定値以上のとき、反射波の変動を検出するようにすれば、有害なマイクロアークの発生を、より有効に検出することができる。

- [0013] 第3の発明は、第2の発明において、前記検出器は、前記反射波の変動を検出す

る機能に加えて、さらに前記進行波を遅延させた遅延進行波信号を出力する機能を有し、前記制御手段は、前記遅延進行波信号が出力されている時に、前記高周波電源を制御するものである基板処理装置である。

反射波の変動条件に、進行波の遅延条件を加えて、これらの条件が全て成立した時に、高周波電力の印加を一時停止又は一時低下するようにしたので、放電初期にインピーダンス整合が取れていないことにより生じる正常放電時の反射波を無視して、マイクロアークに起因する反射波のみをとらえて、有害なマイクロアークのみを抑制することができる。

なお、反射波の変動条件に進行波の遅延条件を加えて、これらの条件が全て成立した時に、高周波電源を制御するようにする回路は、AND回路で容易に実現することができる。

- [0014] 第4の発明は、第2又は第3の発明において、前記制御手段は、前記高周波電源を制御する制御信号を、さらにモニタ信号として高周波電源部から出力するものである基板処理装置である。

モニタ信号を記録して管理することにより、基板処理装置の設定条件異常や、故障予測ないしメンテナンス時期を知ることが容易にできるようになる。

- [0015] 第5の発明は、第2ないし第4の発明において、前記高周波電源からの高周波電力の印加を一時停止又は一時低下する停止時間が100〜300 μ secであることを特徴とする基板処理装置である。

高周波電力の一時停止又は一時低下時間が100〜300 μ secの時、通常アークに悪影響を与えることなく、マイクロアークの発生を有効に抑制できる。

- [0016] 第6の発明は、処理室内に基板を挿入し、前記処理室に基板処理ガスを導入しつつ排気し、高周波電源から高周波電力を放電用電極に整合器を介して印加して、前記処理室内にプラズマを発生させて前記基板を処理する基板処理装置において、前記放電用電極からの高周波電力の反射波を検出して前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下させるようにした後に、高周波電力を再度印加すると、所定時間経過前までは高周波電力の印加を一時停止又は一時低下させずに継続的に高周波電力を印加し、所定時間経過後からは反射波を検出す

ると前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下することが可能なように制御する基板処理方法である。

簡単な方法によって、マイクロアークの発生を抑制することができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、マイクロアークの発生を抑制することができる。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 以下に、本発明を実施するための最良の形態について説明する。

[0019] 図2は最良の形態による基板処理装置のブロック図である。基板処理装置は、平行平板電極による容量結合型のプラズマ装置であり、基板Wをプラズマ処理する処理室200を備える。処理室200には、図示しないが、ガスを供給しつつ排気する給排系が設けられる。又、処理室200に設けた放電用の一対の電極210、210間に高周波電力(RF電力)を印加する高周波電源部(RF電源部)100と、RF電源部100と電極210との間に設けられて、これらのインピーダンスを整合するための整合器300とを備える。

RF電源部100は、RF電力を制御可能に出力するRF発振部110と、処理室200に設けた電極210から反射してくる反射波Pr信号、又は／及びRF発振部110から電極210に向かうRF電力の進行波Pf信号(以下、単にPf／Pr信号という)を検出する検出手段120と、検出手段120の検出結果に応じて高周波カット信号(RFカット信号)をRF発振部110に加える制御手段130とから構成される。この制御手段130からのRFカット信号は、また、RF電源部100の外部へカット動作モニタ出力として取り出されるようになっている。

上述したRFカット機能を有する検出手段120、又は検出手段120及び制御手段130を、マイクロアークカッタということもある。

[0020] 図1は、基板処理装置のRF電源部100の詳細図である。

RF発振部110から出力されるRF電力は、検出手段120を介してRF電源部100の外に取り出されて、整合器300に入力される。また、制御手段130からRF発振部110へ出力される制御信号としてのRFカット信号は、RF電源部100の外部へカット動作モニタ信号(B)としても出力される。また、RF電源部100から、放電初期に整合器

300を制御するためのPf/Pr信号(A)も出力されるように構成される。

- [0021] RF電源部100を構成するRF発振部110、検出手段120、及び制御手段130を具体的に説明する。

RF発振部110は、高周波電源(RF電源)111を有する。RF電源111は、RF発振器112と、増幅度が制御可能なRF増幅器113とから構成される。RF発振器112により例えば13.56MHzの高周波信号(RF信号)を発生し、このRF信号をRF増幅器113により、プラズマPを発生させるために必要な電力まで増幅する。増幅されたRF電力は、パワーセンサ114を介してRF発振部110から取り出され、検出手段120に入力される。検出手段120に入力されたRF電力は、検出手段120の一部を構成する方向性結合器121に入力され、この方向性結合器121を介してRF電源部100から取り出されるように構成される。RF電源部100から取り出されたRF電力は整合器(マッチングボックス)300を介して処理室200に設けた電極210に印加される。

ここで、必要な電力としては、例えば2000Wである。なお、検出手段120の残りの部分は、後述する検出器122で構成される。

- [0022] また、RF発振部110はCPU116を有する。このCPU116はRF電力の供給を一時停止することが可能である。

RF発振部110のRF電源111の出力段にパワーセンサ114が設けられる。パワーセンサ114は、RF増幅器113から出力されるRF電力の進行波Pf信号又は/及び電極210から反射する反射波Pr信号(Pf/Pr信号)を検出する。パワーセンサ114で検出したPf/Pr信号はA/D変換器115によってデジタル信号に変換され、CPU116に入力される。CPU116は、上記Pf/Pr信号を処理してPf/Pr信号を、例えば4msec程度に伸ばして出力する。このPf/Pr信号はD/A変換器117によって再度アナログ信号に変換され、RF電源部100の外部に出力される。

- [0023] RF電力の供給一時停止を実現する手段はつぎのように構成される。RF発振部110のCPU116に、後述する制御手段130からRFカット信号が加えられると、CPU116は、そのRFカット信号をRF電源111のRF増幅器113に入力して、RF増幅器113の増幅度をゼロとし、RFカット信号が出力されている間、電極210に印加するRF電力を一時的に停止する。なお、RFカット信号をRF増幅器113ではなく、RF発振器1

12に加えて、発振を一時的に止めることにより、電極210に印加するRF電力を一時的に停止するようにしてもよい。

[0024] 一方、検出手段120は、方向性結合器121と検出器122とから構成される。

方向性結合器121は、RF発振部110と整合器300との間の伝送系に挿入されて、伝送系中を進行するRF電力波に対して検出器122を結合する。したがって、この方向性結合器121によって、パワーセンサ114から出力されるRF電力の進行波Pf信号が、整合器300側と検出器122側とに分岐される。又、電極210から反射されるRF電力の反射波Pr信号が、パワーセンサ114側と検出器122側とに分岐される。

[0025] 検出器122は、方向性結合器121に結合する検波回路123を有し、この検波回路123によって、Pf/Pr信号を検波する。検波回路123からは3つの信号が出力される。2つのPr信号と1つのPf信号である。この検波回路123によるPf/Pr信号の監視は、サンプリングによって常時行うようにする。

[0026] 検波回路123により検波された信号のうち、第1のPr信号はPrレベル検出回路124に入力される。第2のPr信号は微分レベル検出回路125に入力される。第3のPf信号は、遅延回路126に入力される。なお、遅延回路126は、CR回路で容易に構成することができる。

[0027] Prレベル検出回路124によって、第1のPr信号は、レベル設定値と比較される。Prレベルがレベル設定値以上になったとき、後述するマイクロアークの抑制条件(a)を満たしたものとみなし、Prレベル検出回路124はレベル検出信号を出力する。微分レベル検出回路125によって、第2のPr信号は、微分設定値と比較される。微分レベルが微分設定値以上になったとき、マイクロアークの抑制条件(b)を満たしたものとみなし、微分レベル検出回路125は微分検出信号を出力する。遅延回路126によって第3のPf信号は所定時間遅延させられ、CR遅延回路126は遅延進行波信号を出力する(マイクロアーク抑制条件(c))。

Prレベル検出回路124のレベル設定値としては例えば100mV_{pp}、微分レベル検出回路125の微分設定値としては、例えば400mV_{pp}/2 μ secである。

[0028] Prレベル検出回路124、微分レベル検出回路125、CR遅延回路126の各出力は、検出手段120から取り出され、制御手段130に加えられる。制御手段130では、各

回路124～126からの出力はAND回路131に入力される。各回路124～126から同時に検出出力が入力された時だけ、AND回路131から一致出力信号が出される。一致出力信号はRFカット信号出力回路132に入力されて、RFカット信号として制御手段130から取り出されて、RF発振部110のCPU116に加えられる。前述したように、CPU116は、制御手段130からRFカット信号が加えられると、そのカット信号をRF増幅器113に加えて、RF増幅器113の増幅度をゼロとし、電極210に印加するRF電力を一時的に停止する。

RFカット信号のパルス幅となる一時停止時間 T_1 としては、例えば200 μ secである。また、AND回路131の動作感度としては、マイクロアークのパルス幅に相当する2～3 μ secが好ましい。

[0029] AND回路131からの一致出力信号は、RFカット信号出力回路132の他に、ピークホールド回路133にも入力される。一致出力信号のパルス幅はピークホールド回路133で所定時間伸ばされて出力され、制御手段130、RF電源部100よりカット動作モニタ信号Bとして取り出される。このカット動作モニタ信号は、基板処理装置を統括制御する上位コンピュータ(図示せず)に通知される。

上記所定時間としては、例えば200msecあることが好ましく、この場合、AND回路131から一致出力信号が出力される毎に、200msecのパルス幅のカット動作モニタ信号(B)が出力されることになる。

[0030] ここで、前述した3つマイクロアーク抑制条件(a)～(c)を説明する。

(a) Prレベルが所定値以上であること

Pr出力が発生しても、その振幅(レベル)が小さい間は問題は生じない。しかし、振幅が或る程度大きくなると問題が生じる。換言すれば、Prレベルが所定値になったとき、所定値以上のレベルのPrが発生しないように、そのPr波形を所定値でカットする必要がある。したがって、Pr出力の立上りレベルを検出することにより、そのレベル値から発生したマイクロアークが有害か否かを判定する必要がある。

(b) Pr微分レベルが所定値以上であること

Pr出力が急峻な場合に問題が生じる。したがって、微分してその傾きをレベルとして検出する。Pr出力波形が緩やかであると、強いアーク放電は発生していないと考

えられ、処理室内でのダメージはほとんど生じない。Pr出力波形が急峻であると、強いアーク放電が発生していると考えられ、金属電極表面や、基板、さらには処理室内壁に与えるダメージが大きい。

(c) 安定放電開始後に発生する反射波Prのみを対象とすること

放電初期の反射波Pr₀を無視して、Pfが安定した後に発生するマイクロアークの反射波Pr₁のみを検出対象とする必要がある。なお、Pf信号から直接マイクロアークの反射波Pr₁信号を検出することは、Pf信号に対して相対的にPr₁が小さいため、困難である。

[0031] 次に上述した構成の作用、すなわちマイクロアークカッタの作用を説明する。

なお、ここでの処理条件は、窒化シリコン膜(SiN)の成膜で例示すれば、ウェハ温度280〜350℃、ガス種SiH₄、NH₃、N₂(H₂を添加する場合もあり)、処理圧力は50〜400Pa、RF電力は3000〜7000Wである。

(1) 放電初期

処理室200内にガスを導入しつつ排気させる。RF電源111をオンして、RF電源部100から、方向性結合器121及び整合器300を介して処理室200に設けた一対の電極210間に、RF電力を供給して、電極210間にプラズマPを生成させる。

[0032] 図6(a)に示すように、RF電源111をオンすると、RF電力(進行波Pf)は段階的に上がっていき、その過程で、プラズマPが生成される。RF電力は、所定値に達したら安定供給に切換えられる。RF電力の安定供給後にマイクロアークが発生すると、電極210から反射する反射波Pr₁が進行波Pfに重畳され、進行波Pfのレベルが変動する。しかし、進行波Pfレベルに対する反射波Pr₁レベルはとても小さいので、進行波Pfレベルの変動から反射波Pr₁を検出することは困難である。

[0033] また、RF電源111をオンすると、図6(b)に示すように、電極210から反射される反射波Prは、放電中の他に、放電初期でも発生する。放電中に発生する反射波をPr₁とし、放電初期に発生する反射波をPr₀としている。放電初期でも反射波Pr₀が発生するのは、RF電源111をオンすると、CPU116から出力されるPf/Pr信号によって(または、整合器300内の自動制御回路による場合もある)、整合器300が制御されて、RF電源111と電極210とのインピーダンス整合を取るが、放電初期には、まだイ

インピーダンス整合が取れていないためである。放電初期に発生する反射波 Pr_0 を無視するために、進行波Pfは、検出器122の遅延回路126によって所定時間遅延させられる。

この放電初期は、検出器122の検波回路123で検出された進行波Pfが遅延回路126によって遅延されるために、制御手段130のAND回路131のAND条件は取れないようになっている。したがって、インピーダンス整合が取れるまでの放電初期では、Prレベル設定値及びPr微分レベル設定値を上回る反射波Prが検出されても、制御手段130からはRFカット信号は出力されない。

また、放電初期、RF電源部100から出力されるPf/Pr信号によって(または、整合器300内の自動制御回路による場合もある)整合器300を制御して、RF電源111のインピーダンスと電極210のインピーダンスとを整合させる。

[0034] (2)放電中

実施の形態によれば、放電中に発生する反射波 Pr_1 は、次のようにしてカットされる。

図3に示すように、放電中に、3つの反射波A、B、及びCが、検出器122の検波回路123から検出されたとする。図4に詳細に示したように、反射波は、マイクロsecオーダーで発生しており、反射波Aは、波形の傾きが微分設定値の $400\text{mVpp}/2\mu\text{sec}$ よりも大きくて急峻であるが、Pr検出レベルはレベル設定値の 100mVpp より小さい。反射波Bは、Pr検出レベルはレベル設定値の 100mVpp よりも大きい、波形の傾きが微分設定値の $400\text{mVpp}/2\mu\text{sec}$ よりも小さく緩い。反射波Cは、上記した各設定値よりもPr検出レベルが大きく、波形の傾きが大きくて急峻であり、マイクロカッタの対象となる。

[0035] これらの反射波A、B、及びCは方向性結合器121により取り出されて、検出器122に入力される。反射波Aについては、Pr検出レベル124から検出信号は出力されないが、Pr微分レベル検出回路125からは検出信号が出力される。反射波Bについては、Pr検出レベル検出回路124から検出信号が出力されるが、Pr微分レベル検出回路125からは検出信号は出力されない。

反射波Cについては、Pr検出レベルは 400mVPP 以上であり、設定値を越えている

ため、Prレベル検出回路124から検出信号が出力される。又、Pr微分レベルも急峻であり、設定値を越えているため、Pr微分レベル検出回路125からも検出信号が出力される。さらに、反射波Cの出ているタイミングは、反射波Cの発生時期が放電初期から外れた安定放電期間中に入っているため、CR遅延回路126からは、遅延Pf信号が出力されている。

- [0036] したがって、AND回路131の一致条件が全て取れて、RFカット信号出力回路132からCPU116にRFカット信号が出力される。この信号によって、CPU116は、図3に示すように、予めRFカット信号のパルス幅で設定した停止時間 T_1 だけ、RF電源111のRF増幅器113の増幅度をゼロにして、点線で示すRF電力Pfの出力を一時停止する。このPf出力の停止により、電極210からの反射波Cは、それ以上の大きさに成長する前に速やかにカットされ、消失する。一時停止時間 T_1 経過後、RF電源111のRF増幅器113の増幅度は元に戻り、再びRF電力の給電が開始されて、2000WのRF電力が電極210に供給される。ただし、給電開始から時間 T_2 の間だけ、RFカット動作を禁止する。時間 T_2 以内の間に、再度Pf出力を停止すると、通常放電を維持できなくなるからである。したがって、この間は、未監視時間となる。

前記のように、RF電力Pfの出力を一時停止すると、遅延回路126での遅延時間分、AND回路131への出力がオフされ、前記遅延時間の経過後にAND回路131へ出力がオンされる。従ってこのようにすると、放電初期に発生する反射波 Pr_0 を無視するために、進行波Pfの出力を遅延回路126によって遅延させているので、ここでの遅延時間と等しくなる。このような回路構成とすることにより、遅延回路1つで放電初期及びRF電力Pfの出力一時停止した後の両方の工程で遅延させることができ、装置回路を簡略化することができる。

カット動作禁止時間 T_2 経過後は、通常の監視体制に入り、マイクロアークが発生する毎に、上述したRFカット動作を繰り返して、マイクロアークの成長を速やかに抑制する。

- [0037] ここで、RFカット動作させてRF電力の供給を停止する一時停止時間 T_1 は、100〜300 μ secとするのがよい。100 μ secよりも短いとマイクロアークを消滅できないからである。また、300 μ secよりも長いと、アーク放電自体が停止してプラズマPが消滅し

、プラズマの周辺にトラップされていた反応生成物やパーティクルがウェハ上に落下するからである。したがって、一時停止時間は100〜300 μ secの範囲が好ましい。この一時停止時間の値は、基板処理装置、RF電力の大きさや、基板サイズとはあまり相関がなく、ほぼ共通であった。マイクロアークは、局所的に起きるからであると考えられる。

なお、カット動作禁止時間 T_2 は、例えば500 μ sec程度とするのがよい。

[0038] (3) マイクロアーク発生のお知らせ

AND回路131から一致信号が出力される度に、その出力はピークホールド回路133にも入力されて、少なくとも200msecのパルス幅をもつ信号に変換されて、カット動作モニタ信号(B)としてRF電源部100より取り出される。これは、制御手段130のAND回路131の動作感度が2〜3 μ secであり、このパルス幅の短い信号をそのままRF電源部100から取り出しても、装置全体のCPUのクロック周期が前記パルス幅よりも遅いため、基板処理装置の上位コンピュータが、そのカット動作モニタ信号を検出できないおそれがある。このため、ピークホールド回路133で、2〜3 μ sec程度の一一致出力信号のパルス幅を、200msec程度に伸ばしている。このため、上位コンピュータによって、カット動作モニタ信号をサンプリング可能となり、確実に検出できるようにすることができる。

[0039] カット動作モニタ信号を上位コンピュータでカウントして、そのカウント数からカット動作モニタ信号の頻度が増えてきたことが分ると、電極の寿命を知ることができる。又は、プラズマ条件設定が問題であると判定できる。具体的には、カット動作信号の頻度がアップすると、電極の状態が悪化、基板のハンドリングミスによる基板の位置ずれ、異常発生、状態パラメータ(RF電源異常、整合器異常、処理室内圧力異常等)等をチェックをすることができる。その結果、未然に大きな損害を防止できる。

[0040] (4) 放電終了

基板に所定時間のプラズマ処理を行なったら、ガス導入及びRF電力印加を終了して、基板処理を完了する。

[0041] 以上述べたように、実施の形態のマイクロアークカッタによれば、マイクロアーク発生時に反射波Prが急峻に変動することから、この変動を検出して、検出出力からRF

電力の供給を止めるようにしたので、マイクロアークの発生を有効に抑制することができる。この場合において、装置や基板にダメージを与えるマイクロアークを、反射波レベルとそのレベルの傾きとから定義して、この定義に合致するときのみ、反射波の変動を検出するようにしたので、真にダメージを与えるマイクロアークの発生のみを有効に抑制できる。

[0042] また、通常のアーク放電を継続しておいて、マイクロアークが発生したら、一時的にRF電力の供給を止めるようにしたので、マイクロアークの発生のみを抑制することができる。また、RF電力の供給を一時停止させた後、再びRF電力の供給を再開するので、プラズマが消えたり、プラズマ放電領域が全体が縮小してしまったりすることなく、速やかにプラズマを元の状態に再生することができる。したがって、プラズマの周辺にトラップされている反応生成物等が基板上に落下することなくなり、基板の膜厚分布が局所的に異常となることもなく、トータルの歩留まりが向上する。さらに装置へのダメージが低減し、メンテナンスサイクルも長くすることができる。その結果、装置の稼働率や、生産性を向上できる。

[0043] 高周波電力を一時停止(マイクロアークカット)した後、再度高周波電力を印加すると、初期の段階では異常放電が再発生し易い状態になり、連続的に高周波電力を一時停止した状態が複数回続くこともあるが、このようにするとプラズマ放電が消えてしまう。プラズマ放電が消えてしまうと、処理中の基板は捨てるしかなくなる。しかし、本発明では高周波電力を一時停止した後、再度高周波電力を印加しても、例えば500 μ sec間は例え異常放電が起きても無視すれば、プラズマ放電が消えることがなくなり、基板を捨てなければならなくなる事態にはならない。

但し、本発明により異常放電を無視している期間に異常放電が起きることもあるが、局所的な製品の破壊に留まるので、基板全体が不良になるのではなく、異常放電が起きた場所の半導体装置または液晶ディスプレイが不良になるだけなので、歩留まりが向上する。

[0044] なお、上述した実施の形態では、方向性結合器121をパワーセンサ114と整合器300との間に設けたが、インピーダンスの整合が取れるのであれば、整合器300と電極210との間に設けるようにしても良い。

又、制御手段にAND回路を設けて、検出器122から出力される3つの条件信号が全て取れた時、RFカット信号を出力するようにしたが、基板処理装置の種類や処理条件に応じて、Prレベル検出信号と微分レベル検出信号とを、AND回路に代えて、OR回路に加えるようにしても良い。これによれば、マイクロアーク抑制条件の(1)又は(2)のいずれか一方が成立するだけでも、RFカット信号を出力して、強制的にマイクロアークの発生を抑制することができる。

- [0045] また、実施の形態では、電極への高周波電力の印加を一時停止させる場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、高周波電力の値を一時低下させるようにしてもよい。ここで、一時低下とは、マイクロアーク放電が持続する高周波電力値よりも下げるというものである。ウェハのプロセス処理ではプラズマ放電が2000Wの場合、例えば0〜20Wまで高周波電力を下げると、マイクロアーク放電が生じなくなる(なお、この0〜20Wという値は電極の面積や放電用電極へ印加する高周波電力、圧力等、の条件が変化すると、変化する値である)。

図面の簡単な説明

- [0046] [図1]実施の形態による基板処理装置の高周波電源部の詳細図である。
[図2]実施の形態による基板処理装置のブロック図である。
[図3]実施の形態による高周波電源部の制御動作を説明するPr検出レベルとPf出力の制御特性図である。
[図4]実施の形態による反射波が発生したときのPr検出レベルの説明図である。
[図5]従来例と実施の形態とに共通する平行平板電極による容量結合型のプラズマ基板処理装置の概略説明図である。
[図6]実施の形態による高周波電力波を示す説明図であり、(a)はPfレベル波形図、(b)はPrレベル波形図、(c)は遅延Pfレベル波形図である。

符号の説明

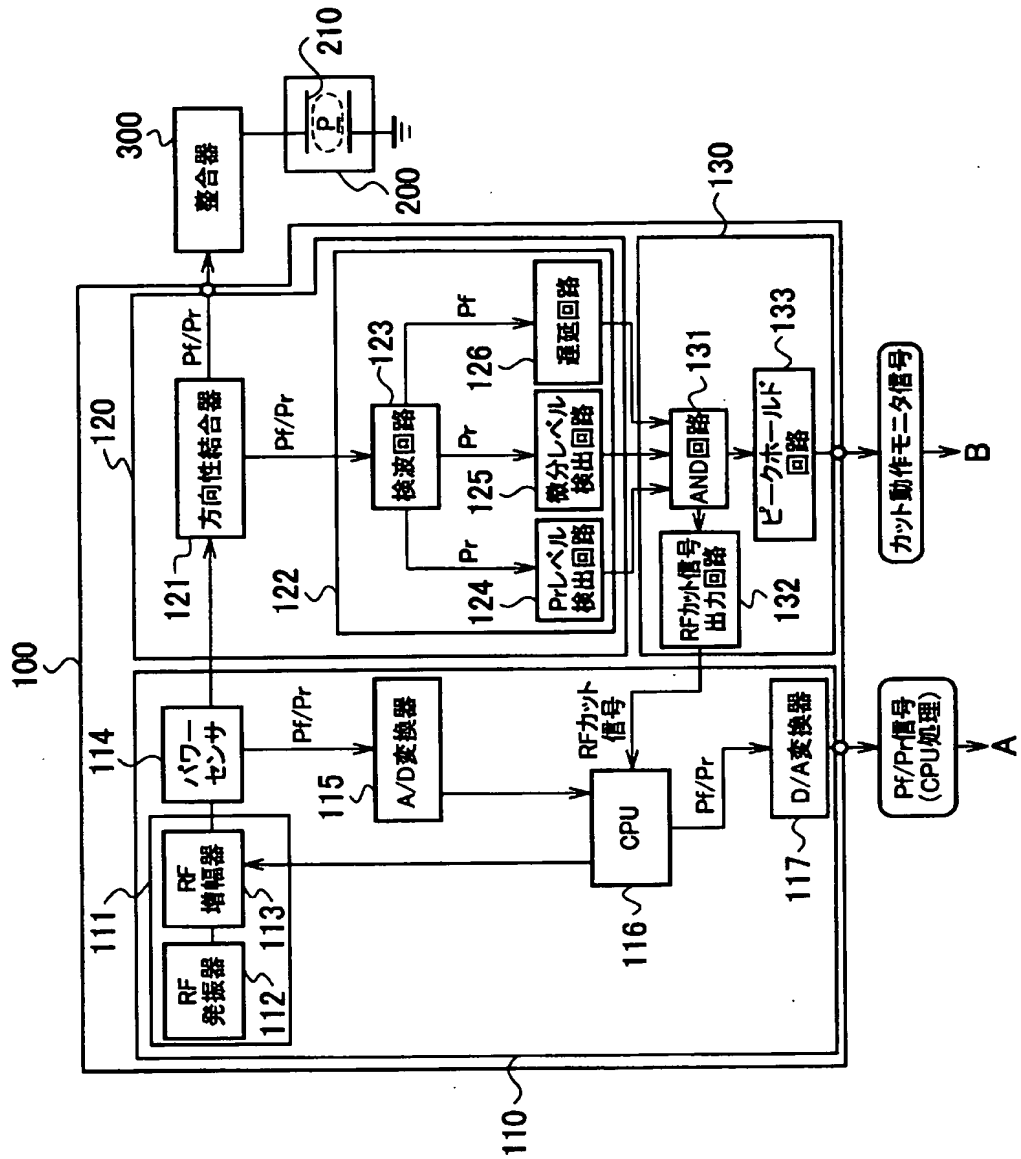
- [0047] P プラズマ
100 高周波電源部
111 高周波電源
120 検出手段

- 121 方向性結合器
- 122 検出器
- 123 検波回路
- 126 遅延回路
- 130 制御手段
- 131 AND回路
- 132 RFカット信号出力回路
- 133 ピークホールド回路
- 200 処理室
- 210 電極(放電用電極)
- 300 整合器

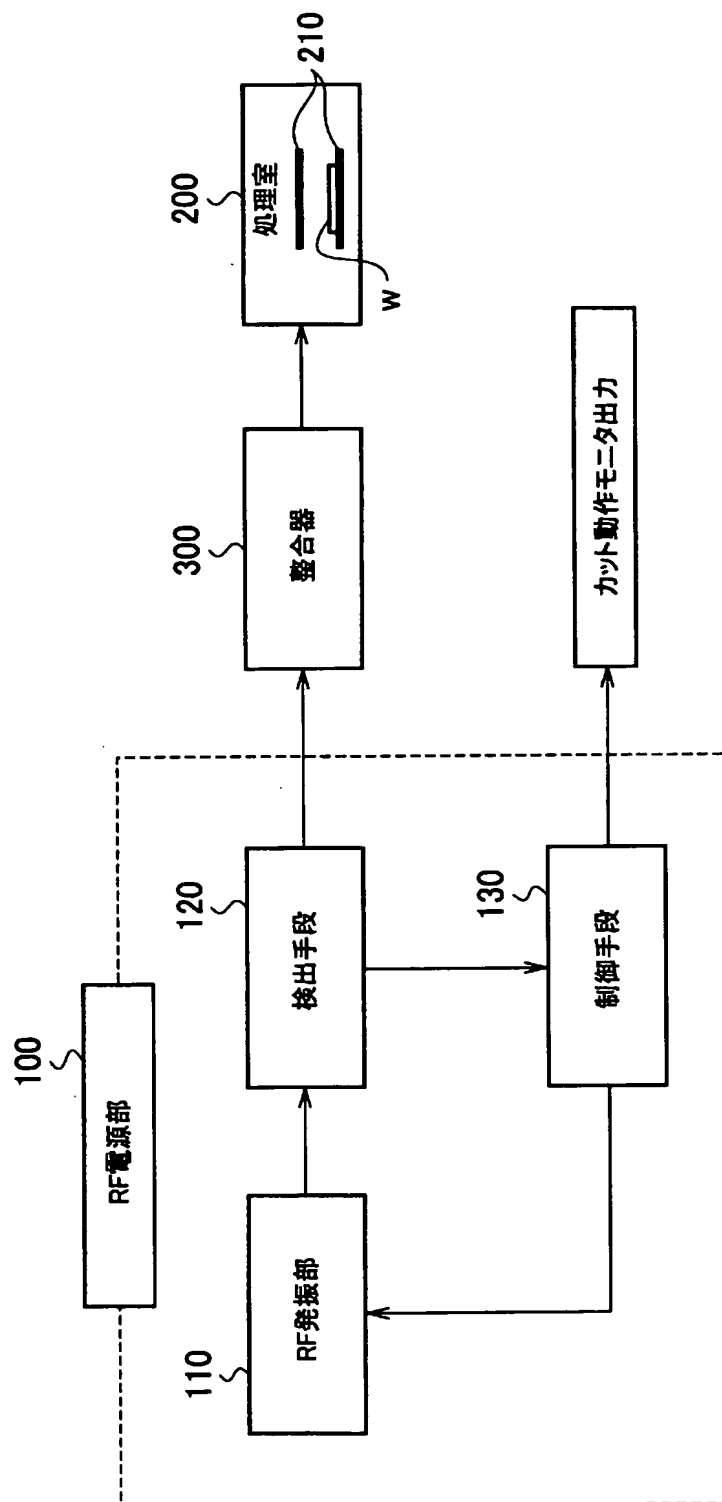
請求の範囲

- [1] 制御可能な高周波電源を有する高周波電源部を備え、前記高周波電源から高周波電力を処理室に設けられた放電用電極に整合器を介して印加し、前記処理室内にプラズマを生成する基板処理装置において、
- 前記高周波電源部と整合器の間、又は整合器と放電用電極との間に、少なくとも前記放電用電極から反射する高周波電力の反射波を検出する検出器と、前記検出器の検出結果に応じて、前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下するように前記高周波電源を制御する制御手段とを設け、
- 前記制御手段は、前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下し、高周波電力を再度印加すると、所定時間経過前までは、高周波電力の印加を一時停止又は一時低下させずに継続的に高周波電力を印加し、所定時間経過後からは前記検出器の検出結果に応じて前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下するように制御する基板処理装置。
- [2] 処理室内に基板を挿入し、前記処理室に基板処理ガスを導入しつつ排気し、高周波電源から高周波電力を放電用電極に整合器を介して印加して、前記処理室内にプラズマを発生させて前記基板を処理する基板処理装置において、前記放電用電極からの高周波電力の反射波を検出して前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下させるようにした後に、高周波電力を再度印加すると、所定時間経過前までは高周波電力の印加を一時停止又は一時低下させずに継続的に高周波電力を印加し、所定時間経過後からは反射波を検出すると前記放電用電極への高周波電力の印加を一時停止するか又は一時低下することが可能なように制御する基板処理方法。

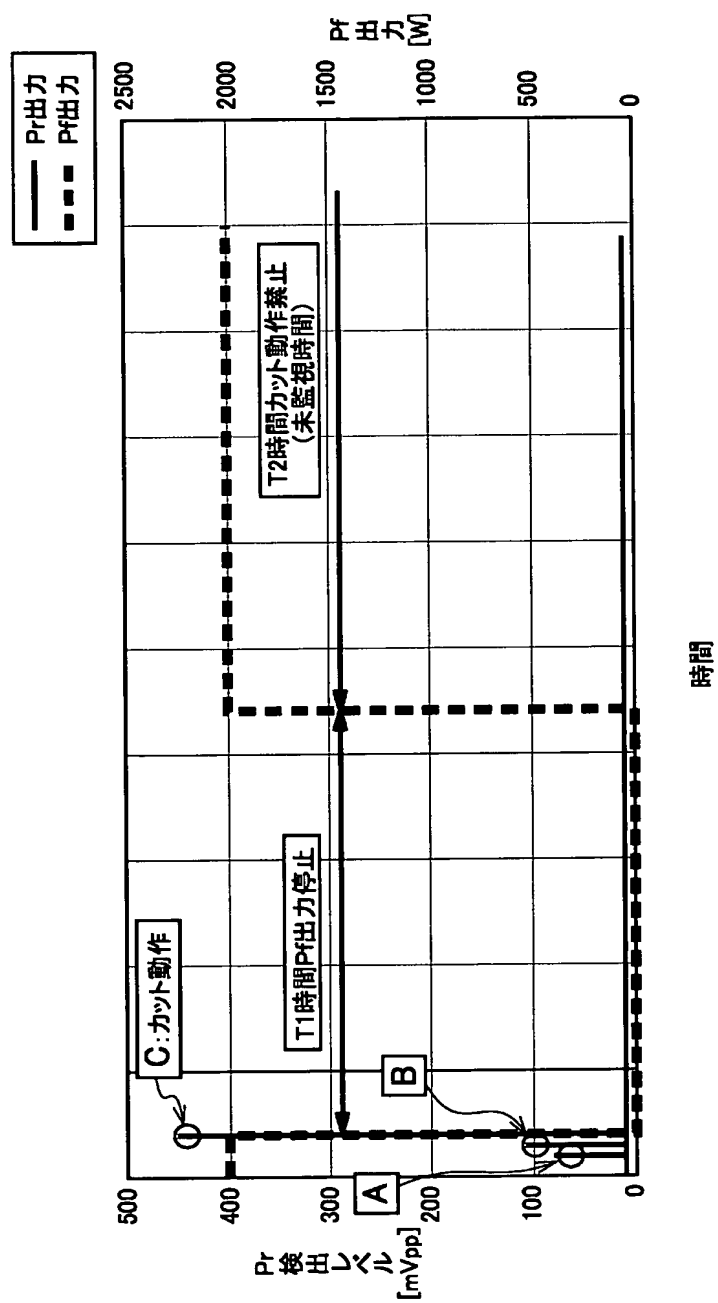
[図1]



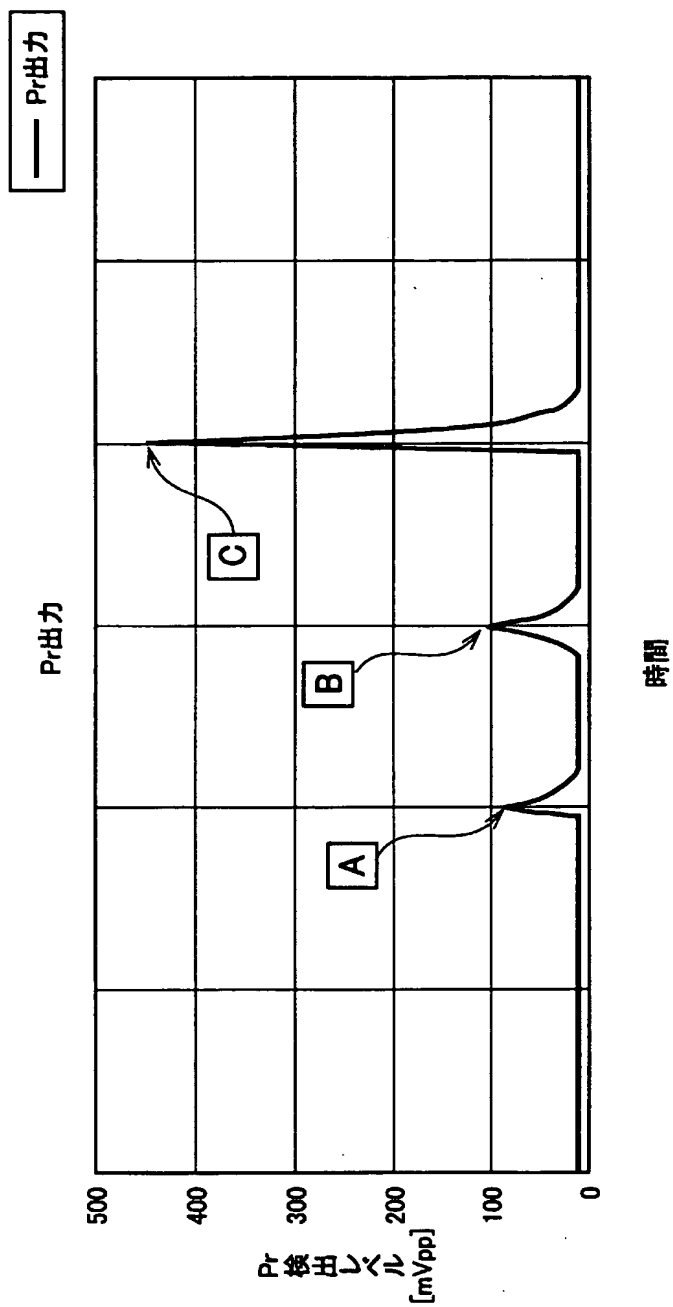
[図2]



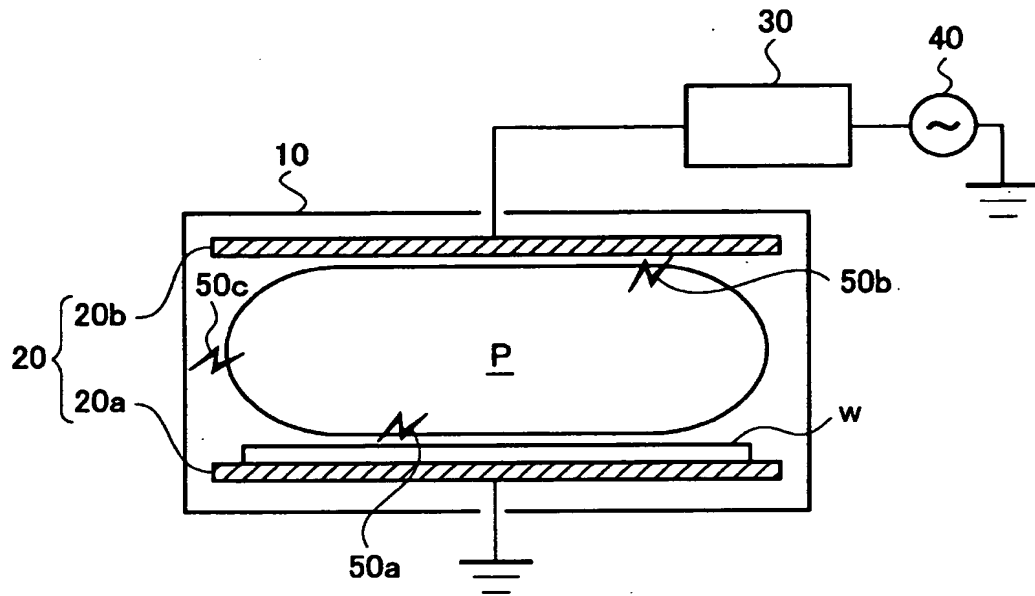
[図3]



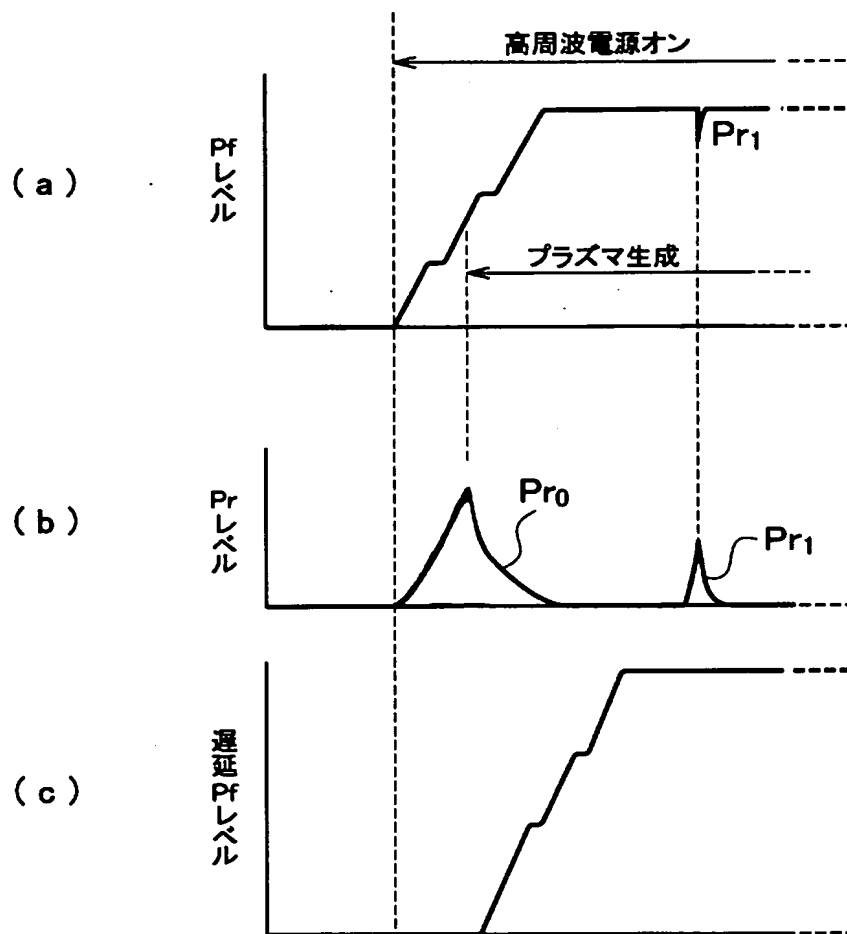
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011162

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H05H1/46, H01L21/205, H01L21/3065, H01L21/304, C23C16/505

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H05H1/46, H01L21/205, H01L21/3065, H01L21/304, C23C16/505

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-133412 A (Shibaura Mechatronics Co., Ltd.), 12 May, 2000 (12.05.00), Par. Nos. [0017] to [0045]; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1, 2
Y	JP 9-92491 A (Toshiba Corp.), 04 April, 1997 (04.04.97), Page 4, column 6, lines 27 to 48 & US 5810963 A1	1, 2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 November, 2004 (02.11.04)Date of mailing of the international search report
22 November, 2004 (22.11.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011162

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 57-159537 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 01 October, 1982 (01.10.82), Page 4, lower left column, line 19 to page 5, upper left column, line 16; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1,2
Y	JP 7-135098 A (Sony Corp.), 23 May, 1995 (23.05.95), Par. No. [0012]; Fig. 1 (Family: none)	1,2
Y	JP 2001-516940 A (Tokyo Electron Ltd.), 02 October, 2001 (02.10.01), Par. Nos. [0022] to [0025]; Figs. 2, 5, 10, 11 & WO 99/14394 A1 & EP 1025276 A & US 6332961 B1	1,2
P,X	JP 2004-194420 A (Shibaura Mechatronics Co., Ltd.), 08 July, 2004 (08.07.04), Full text; all drawings (Family: none)	1,2
Y	JP 2002-176034 A (Yoshio FUJINO), 21 June, 2002 (21.06.02), Full text; all drawings (Family: none)	1,2
A	JP 7-503577 A (Advanced Energy Industries, Inc.), 13 April, 1995 (13.04.95), Full text; all drawings & WO 94/16458 A1	1,2

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H05H1/46, H01L21/205, H01L21/3065, H01L21/304, C23C16/505

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H05H1/46, H01L21/205, H01L21/3065, H01L21/304, C23C16/505

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-133412 A(芝浦メカトロニクス株式会社) 2000.05.12 段落0017-0045, 図1-5 (ファミリーなし)	1, 2
Y	JP 9-92491 A(株式会社東芝) 1997.04.04 第4頁第6欄第27-48行 &US 5810963 A1	1, 2
Y	JP 57-159537 A(川崎重工業株式会社) 1982.10.01 第4頁左下欄第19行-第5頁左上欄第16行, 図1-3 (ファミリーなし)	1, 2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.11.2004

国際調査報告の発送日

22.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山口 敦司

2M

9216

電話番号 03-3581-1101 内線 6989

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 7-135098 A(ソニー株式会社) 1995.05.23 段落 0 0 1 2, 図 1 (ファミリーなし)	1, 2
Y	JP 2001-516940 A(東京エレクトロン株式会社) 2001.10.02 段落 0 0 2 2 - 0 0 2 5, 図 2, 5, 1 0, 1 1 &WO 99/14394 A1 &EP 1025276 A &US 6332961 B1	1, 2
P, X	JP 2004-194420 A(芝浦メカトロニクス株式会社) 2004.07.08 全 文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2
Y	JP 2002-176034 A(藤野好夫) 2002.06.21 全文, 全図 (ファミリ ーなし)	1, 2
A	JP 7-503577 A(アドバンスド エナジー インダストリーズ, イ ンコーポレイテッド) 1995.04.13 全文, 全図 &WO 94/16458 A1	1, 2